心理科学进展 2023, Vol. 31, No. 5, 769–782
Advances in Psychological Science

https://doi.org/10.3724/SP.J.1042.2023.00769

以教促学：学习者自我生成教学对学习的影响*

成美霞 匡子翌 冷晓雪 张 洋 王福兴

(青少年网络心理与行为教育部重点实验室暨华中师范大学心理学院，武汉 430079)

摘 要 自我生成教学(Learning by non-interactive teaching)指学习者在知识学习过程中转换角色，将自己所学知识以知识传授者角色讲解给其他人听。提取练习假设、生成性学习假设和社会临场感假设分别从记忆巩固、生成性认知加工和社会临场感视角对学习者自我生成教学的积极作用进行了解释。汇总相关研究发现，自我生成教学的不同实施方式促进学习的效果不同，其中，以有教者形象的口头形式(如：视频)自我生成教学相比于重复学习、提取练习等简单学习任务可以有效提高学习者的即时理解、即时迁移、延迟理解和延迟迁移成绩，可能是更优的实施方式。而以无教者形象的口头形式(如：仅语音)或书面形式(如：文本)自我生成教学对学习成绩的积极影响较微弱。多媒体学习认知理论可能补充解释不同实施方式促进效果的差异。自我生成教学的学习者还可以体验到更高的动机和愉悦感并愿意在教学时投入更多的心理努力。未来研究需要在检验并整合理论、确定边界条件、优化自我生成教学等方面进一步探讨。

关键词 自我生成教学，生成性学习，社会临场感，提取练习，元认知加工

分类号 B849: G44

是故学然后知不足，教然后知困。知不足然后能自反也，知困然后能自强也。故曰：“教学相长”也。

——《礼记·学记》

在传统面授课堂和线上视频学习中，学生更多是被动接收知识。随着线上学习的日益普及，学生对着台式电脑或者移动设备(手机或平板电脑)通过观看视频进行学习的次数直线上升。然而，这种方式的学习效果并不理想(Reich & Ruipérez-Valiente, 2019)，可能是由于被动地观看弱化了“以学生为中心”的主动参与，使得精心设计的视频也很难促使学生进行恰当的认知加工和深层理解(Fiorella et al., 2020)。有意义的学习和牢固长久的知识记忆需要学生在学习过程中主动生成和积极建构(Fiorella & Mayer, 2016)。中国文化自古在教与学的互动中强调“教学相长”，即强调不同角色变化和思考对知识建构的作用。教育心理学家约翰·杜威(John Dewey)的“做中学” (learning by doing)思想也指出，学生应从活动中学习，即“边做事边理解”，学生在活动中主动观察、实验和探究等行为有利于知识建构和意义学习(约翰·杜威, 2012)。然而，并不是所有活动都能保证学生“做”有所“学”，活动的设计应与所学内容紧密联系。“教中学” (learning by teaching)指借助向他人讲解所学内容进行学习，教学活动可以与所学内容相结合，使学生的注意力专注于解析、阐述学习内容进而促进学习(Fiorella & Mayer, 2015)。

在早期的探索中，研究者普遍采用同伴辅导、合作学习和小组讨论等方式探讨“教中学”的积极作用(如, Roscoe, 2014; Roscoe & Chi, 2008; Slavin, 1983; Webb, 1982)。Fiorella 和 Mayer (2016)汇总了相关研究，结果发现，“教中学”促进学习的效应量中值为 d = 0.77，是十分高效的生成性学习活动。然而，由于“教中学”涉及因素较多，实施途径繁乱，也是一个较为复杂的学习活动。为了更好地理解并应用“教中学”，研究者尝试系统地分离出“教中学”三个子成分的作用(即，做教学准备、向他人解释和与他人互动)，例如，Fiorella 和 Mayer (2013)在研究中先告知被试需要教授另一

收稿日期：2022-06-30
* 国家自然科学基金面上项目(62277025)。
通信作者：王福兴, E-mail: fxwang@ccnu.edu.cn

名学习者多普勒效应，然后向被试提供多普勒效应的文本材料，要求他们学习其中的内容，再面对镜头向脑海中想象的、不在场的另一名学习者讲解学习材料(以录制教学视频的方式来教授多普勒效应，如图 1)，来探讨分离出“与他人互动”后，“做教学准备”和“向他人解释”对学习的促进作用。结果发现，即使没有“与他人互动”，借助教学进行学习的学生在概念知识的习得上也显著优于重复学习的学生。

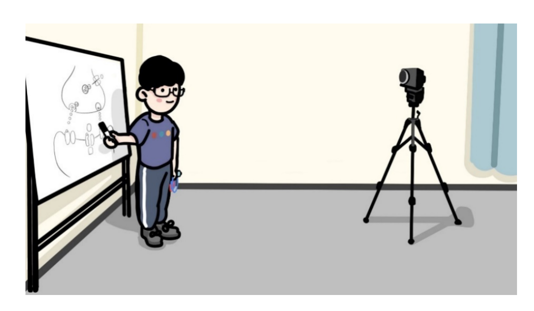


图 1 学习者自我生成教学示例

为了区分不涉及“与他人互动”的“教中学”，在本文中，我们采用“自我生成教学”这一术语指没有同伴在场或互动的“教中学” (Learning by teaching without audience presence or interaction)，即学习者借助非互动性教学进行学习(例如，录制教学视频)。随着信息科学技术和在线学习环境的蓬勃发展，学生们录制并分享视频已经变得十分简便有趣，而且录制教学视频不要求他人参与，也有助于学生们开展远程自主学习。因此，学习者自我生成教学近期得到了国内外教育心理学研究者的广泛关注(Fiorella & Mayer, 2013, 2014; Hoogerheide et al., 2018, 2019)。

本文汇总了以往 28 项实验研究(见表 1)，系统综述和客观评价了这种学习活动的积极作用，以期为研究者和读者提供直接的借鉴。第一，本文将分类介绍最新研究如何实施自我生成教学；第二，自我生成教学能否提高学习成绩，这是教育者和研究者最为关注的问题。本文将分别从自我生成教学总体，以及自我生成教学的不同实施方式两个层面进行归纳分析；第三，自我生成教学能否影响学生的学习体验进而影响学习，本文将具体探讨自我生成教学及其不同实施方式对认知负荷、动机和愉悦感的影响，以一定程度上解释自我生成教学及其不同实施方式对学习的影响；第四，自我生成教学促进学习的理论机制是什么，本文将结合研究的结果试图验证以往理论，同时，补充多媒体学习认知理论以进一步解释自我生成教学的不同实施方式促进学习的效果差异；最后，再对上述内容进行总结和讨论。

1 学习者自我生成教学是怎样实施的?

学习者自我生成教学指学习者在知识学习过程中转换角色，将自己所学内容以知识传授者角色讲解给其他的学习者听，该策略旨在帮助学习者积极主动参与知识建构(Fiorella & Mayer, 2022; Lachner et al., 2022)。大量实证研究结果表明，学习者自我生成教学可以极大促进他们自身对知识的识记和理解(Fiorella & Kuhlmann, 2020; Hoogerheide et al., 2016, 2018, 2019; Lachner et al., 2020, Exp2; Lim et al., 2021; Pi et al., 2020; Wang et al., 2021)。然而，也有许多研究者未发现自我生成教学对学习的促进作用(Hoogerheide et al., 2016, Exp1; Jacob et al., 2020, 2021, 2022; Koh et al., 2018; Lachner et al., 2021; Okita & Schwartz, 2013, Exp1; van Brussel et al., 2021)。

考虑到自我生成教学的实施方式存在极大的不同，具体而言，学习者自我生成教学的实施方式主要分为有教者形象的口头形式(如，通过摄像机或电脑、手机等移动设备内置的网络摄像头录制教学视频，面对面地向他人无互动地教学)、无教者形象的口头形式(如，通过录音笔或电脑、手机内置的麦克风功能仅录制教学语音)和无教者形象的书面形式(如，在纸上或者电脑上的文本框、聊天框中书写教学文本)，这些不同的实施方式(如，视频、语音或书面)可能导致了自我生成教学对学习的促进效果不同。例如，Hoogerheide 等人(2016)使用《三段论推理》知识作为学习材料比较了视频和书面形式的自我生成教学，结果发现，视频形式的自我生成教学相比于回忆任务能显著提高学生的学习成绩，而书面形式的自我生成教学没有对学习成绩起到促进作用。Lachner 等人(2017)使用《内燃机的结构和功能》知识作为学习材料比较了语音和书面形式的自我生成教学，结果发现，语音比书面形式的教学更能提高学习效果(类似的结果见 Jacob et al., 2020)。此外，Lachner 等人(2020)的研究发现，视频形式的自我生成教学相比于提取练习能显著提高学生的学习成绩

表 1 学习者自我生成教学的实证研究效应量(Cohen's *d*)汇总

研究	样本量	样本年龄	实验操纵	实验材料	教学形式	学习成绩	学习体验
Fiorella & Kuhlmann, 2020	90	大学生	教学 vs 再学习	人类呼吸系统	视频	C_d (0.46), T_d*(0.76)	–
			教学并绘图 vs 再学习	人类呼吸系统	视频	C_d*(1.15), T_d*(1.34)	–
Fiorella & Mayer, 2013, Exp1	61	大学生	教学 vs 无活动	多普勒效应	视频	C_i*(0.82)	–
Fiorella & Mayer, 2013, Exp2	50	大学生	教学 vs 无活动	多普勒效应	视频	C_d*(0.79)	–
Fiorella & Mayer, 2014, Exp2	54	大学生	教学 vs 再学习	多普勒效应	视频	C_d*(0.90)	–
Fukaya, 2013, Exp1	26	大学生	教学 vs 生成关键词	日常设备操作步骤	面对面	C_i (0.27)	–
Fukaya, 2013, Exp2	32	大学生	教学 vs 再学习	日常设备操作步骤	面对面	T_i (0.70)	–
Hoogerheide et al., 2014, Exp1	51	高中生	教学 vs 再学习	三段论推理	视频	C_i (0.52), T_i*(0.74); C_d (0.43), T_d*(0.62)	–
Hoogerheide et al., 2014, Exp2	64	大学生	教学 vs 再学习	三段论推理	视频	C_i*(0.88), T_i*(0.35); C_d*(0.96), T_d*(0.85)	–
Hoogerheide et al., 2016, Exp1	60	大学生	教学 vs 再学习	三段论推理	书面(纸)	C_i (0.04), T_i (0.28)	CE*(0.46)
Hoogerheide et al., 2016, Exp2	129	大学生	教学 vs 回忆任务	三段论推理	书面(文本框)	C_i (0.39), T_i (0.31); C_d (0.12), T_d (0.19)	CE*(1.36)
			教学 vs 回忆任务	三段论推理	视频	C_i*(0.63), T_i (0.14); C_d*(0.57), T_d (−0.02)	CE*(0.93)
Hoogerheide et al., 2018	61	大学生	教学 vs 再学习	电路故障诊断	视频	C_i*(1.13), T_i*(1.63)	CE*(0.99)
Hoogerheide et al., 2019	84	小学生	教学 vs 再学习	光合作用	视频	C_d*(0.71)	CE*(0.76), E*(0.59)
Jacob et al., 2020	115	大学生	教学 vs 提取练习	有性和无性繁殖	语音	C_i (0.11), T_i (−0.20)	CE*(0.61)
			教学 vs 提取练习	免疫学	语音	C_i (−0.08), T_i*(0.52)	CE*(0.67)
			教学 vs 提取练习	有性和无性繁殖	书面(文本框)	C_i (−0.16), T_i (−0.46)	CE (0.33)
			教学 vs 提取练习	免疫学	书面(文本框)	C_i (−0.22), T_i*(0.20)	CE (0.37)
Jacob et al., 2021	137	大学生	教学 vs 提取练习	免疫学	语音	C_i (0.06), T_i (−0.04)	CE (0.44), E*(0.76)
			教学 vs 提取练习	免疫学	书面(聊天框)	C_i (−0.47), T_i (0.08)	CE*(0.79), E*(1.15)
			教学 vs 提取练习	免疫学	书面(文本框)	C_i (−0.32), T_i (0.26)	CE*(0.83), E*(0.87)

续表

研究	样本量	样本年龄	实验操纵	实验材料	教学形式	学习成绩	学习体验
Jacob et al., 2022	129	小学生	教学 vs 提取练习	光合作用	语音和文本	C_i (0.11), T_i (0.07)	–
Kobayashi, 2022	40	大学生	教学 vs 再学习	社会懈怠	面对面	C_i*(1.12), T_i*(0.98)	–
Koh et al., 2018	93	大学生	教学 vs 填空任务	多普勒效应	视频	C_d*(0.84)	CE (−0.11)
			教学 vs 提取练习	多普勒效应	视频	C_d (−0.10)	CE (−0.15)
Lachner et al., 2020, Exp1	91	大学生	教学 vs 提取练习	四冲程发动机	视频	C_i (−0.04), T_i (<0.01)	CE (0.17)
			教学提前 vs 提取练习	四冲程发动机	视频	C_i (0.44), T_i (−0.13)	CE (0.06)
Lachner et al., 2020, Exp2	96	大学生	教学 vs 提取练习	四冲程发动机	视频	C_i*(0.13), T_i (0.21)	CE (0.79)
			教学提前 vs 提取练习	四冲程发动机	视频	C_i*(0.56), T_i (0.34)	CE (−0.22)
Lachner et al., 2021, Exp1	110	大学生	教学 vs 填空任务	心内膜炎	书面(文本框)	C_i (−0.07), T_i (−0.23)	CE (−0.09)
			教学 vs 提取练习	心内膜炎	书面(文本框)	C_i (0.08), T_i (−0.40)	CE (−0.02), EL (0.10)
Lachner et al., 2021, Exp2	50	大学生	教学 vs 无活动	教育技术学	书面(文本框)	C_i (−0.36), T_i (<0.01)	–
			教学 vs 提取练习	教育技术学	书面(文本框)	C_i (−0.30), T_i (0.22)	CE (−0.12)
Lim et al., 2021	108	大学生	教学 vs 再学习	多普勒效应	视频	C_d*(0.63)	SP*(2.61), EL*(0.85)
			教学 vs 再学习	多普勒效应	书面(逐字稿)	C_d*(0.53)	SP*(1.48), EL*(1.18)
Okita & Schwartz, 2013, Exp1	20	大学生	教学 vs 再学习	发烧	面对面	C_i (0.41)	–
Orús et al., 2016	220	大学生	教学 vs 无活动	市场营销导论	视频	C_d*(0.47)	–
Pi et al., 2020	26	大学生	教学 vs 再学习	英语词汇	面对面	C_i*(0.81)	CE*(0.79), E (0.05), M*(0.58)
Rittle−Johnson et al., 2008	36	幼儿园	教学 vs 再学习	多分类问题	面对面	C_i*(0.58), T_i*(0.97)	–
van Brussel et al., 2021	97	大学生	教学 vs 再学习	确认偏差任务	视频	C_i (−0.13), T_i (−0.08)	–
Wang et al., 2021	190	初中生	想象教学 vs 再学习	多普勒效应	想象	C_i*(0.19), C_d*(0.31)	M*(0.30)

注: C: 理解成绩; T: 迁移成绩; CE: 认知负荷; M: 动机; E: 愉悦感; SP: 社会临场感; EL: 精细加工语句; 下标 i: 即时测验; 下标 d: 延迟测验; *表示自我生成教学显著好于控制组, 即*$p < 0.05$; –表示值未测量或缺失。

(类似的结果见 Hoogerheide et al., 2016), 而 Jacob 等人(2021)的研究却未能发现语音形式的自我生成教学相比于提取练习对学习的促进作用(类似的结果见 Jacob et al., 2022)。学习者自我生成教学不同的实施方式可能会营造不同的社会临场感, 使学习者的认知加工水平存在差异, 进而影响他们的讲解质量和学习成绩(Hoogerheide et al., 2016; Jacob et al., 2020), 但是这些基于少量实证研究的推测仍然需要更加量化或系统的综述来进一步验证。

为了更清晰地反映学习者自我生成教学对学习的影响, 本文将主要分析自我生成教学对学习成绩的影响, 在对自我生成教学总体进行分析的同时, 也分类归纳了不同的自我生成教学实施方式对学习成绩的影响(见表 1), 再从学习体验, 理论假设等方面解释自我生成教学对学习成绩的影响机制。

2　学习者自我生成教学能否提高学习成绩?

许多实证研究表明自我生成教学是一种有效的学习策略, 学习者借助视频、语音或文本形式向脑海中想象的同伴讲解学习材料能有效提高他们自身的学习成绩(如: Fiorella & Kuhlmann, 2020; Fiorella & Mayer, 2013, 2014, 2016; Hoogerheide et al., 2014, 2016, 2018, 2019; Jacob et al., 2020; Koh et al., 2018; Lachner et al., 2020; Lim et al., 2021; Pi et al., 2020; Wang et al., 2021)。例如, Hoogerheide 等人(2014)使用《三段论推理》知识作为学习材料, 发现相比于重复学习, 以录制教学视频形式自我生成教学的学习者即时理解和迁移成绩、延迟理解和迁移成绩均更高。Jacob 等人(2020)使用高复杂性的《免疫系统》知识作为学习材料, 发现相比于提取练习(回忆学习内容), 以录制教学语音形式自我生成教学的学习者即时迁移成绩更高。Lim 等人(2021)使用《多普勒效应》知识作为学习材料, 发现以书写教学逐字稿形式自我生成教学可以提高学习者的延迟迁移成绩。也有部分研究者未发现自我生成教学对学习成绩的促进作用(如: Hoogerheide et al., 2016, Exp1; Jacob et al., 2021, 2022; Lachner et al., 2020, Exp1; van Brussel et al., 2021)。例如, Koh 等人(2018)的研究表明, 相比于提取练习, 以录制教学视频形式自我生成教学未能提高学习者的延迟理解成绩。Jacob 等人(2021)的研究使用《免疫学》知识作为学习材料, 未发现以语音形式自我生成教学对学习的促进作用。Lachner 等人(2021)使用《心内膜炎》知识作为学习材料, 也没有发现以书面形式自我生成教学的积极作用。

为了更直观地呈现学习者自我生成教学对学习成绩影响的实证研究, 参照以往的形式(Mayer, 2021), 本文将这些研究的效应量 Cohen's d 值进行了汇总, 并对效应量中值(Median effect size)进行了统计计算(见表 1), 以期提供一个倾向性的解答并为后续研究者提供一个参照。效应量中值指效应量中位数(分别计算独立研究中某一因变量的效应量, 再基于这些效应量求出中位数), 目前也多见于多媒体研究中的研究综述和著作中, 能较好地解释和反映研究现状(如: 匡子翌 等, 2022; Fiorella & Mayer, 2016; Mayer, 2021)。纳入分析的文献需满足以下标准: (1)文献必须含有自我生成教学策略与简单学习策略(学习一次、重复学习、自由回忆、填空任务、提取练习)的对比; (2)学习内容必须是有意义的、具有一定逻辑性的知识; (3)因变量需包含学习成绩或学习体验。经过筛选后最终纳入分析的文献有 22 篇共 28 项研究(见表 1)。

理解测验一般测查学习者对知识的识记和提取等浅层加工程度(Mayer, 2021)。表 1 汇总了 41 项自我生成教学与其他简单学习方法(如: 重复学习、回忆任务、提取练习)的对比, 其中探讨即时理解测验(学习后立即施测)的有 30 项, 计算自我生成教学在即时理解测验上的效应量中值为 d = 0.11, (1)以有教者形象的口头形式(如: 视频、面对面、想象)自我生成教学的有 16 项, 发现在总体上有 10 项(63%)可以促进学生的即时理解成绩, 其余 6 项(37%)未发现促进作用, 计算以有教者形象的口头形式自我生成教学在即时理解测验上的效应量中值为 $d = 0.56$; (2)以无教者形象的口头形式(如: 仅语音)自我生成教学的有 4 项, 均(100%)未发现对即时理解成绩的促进作用, 计算以无教者形象的口头形式自我生成教学在即时理解测验上的效应量中值为 $d = 0.09$; (3)以无教者形象的书面形式(如: 文本)自我生成教学的有 11 项, 均(100%)未发现对即时理解成绩的促进作用, 计算以无教者形象的书面形式自我生成教学在即时理解测验上的效应量中值为 $d = -0.16$。探讨延迟理

解测验(一周后施测)的有 15 项, 计算自我生成教学在延迟理解测验上的效应量中值为 $d = 0.57$, (1)以有教者形象的口头形式自我生成教学的有 13 项, 发现在总体上有 10 项(77%)可以促进学生的延迟理解成绩, 其余 3 项(23%)未发现促进作用, 计算以有教者形象的口头形式自我生成教学在延迟理解测验上的效应量中值为 $d = 0.63$; (2)以无教者形象的口头形式自我生成教学的有 0 项; (3)以无教者形象的书面形式自我生成教学的有 2 项, 其中 1 项(50%)发现可以促进学生的延迟理解成绩, 另 1 项(50%)未发现促进作用, 计算以无教者形象的书面形式自我生成教学在延迟理解测验上的效应量中值为 $d = 0.39$。

迁移测验是测查学习者对知识的拓展和应用等深层加工程度(Mayer, 2021)。表 1 汇总的 41 项自我生成教学与其他简单学习方法的对比中, 探讨即时迁移测验的有 26 项, 计算自我生成教学在即时迁移测验上的效应量中值为 $d = 0.21$, (1)以有教者形象的口头形式自我生成教学的有 12 项, 发现在总体上有 5 项(42%)可以促进学生的即时迁移成绩, 其余 7 项(58%)未发现促进作用, 计算以有教者形象的口头形式自我生成教学在即时迁移测验上的效应量中值为 $d = 0.35$; (2)以无教者形象的口头形式自我生成教学的有 4 项, 发现在总体上有 1 项(25%)可以促进学生的即时迁移成绩, 其余 3 项(75%)未发现促进作用, 计算以无教者形象的口头形式自我生成教学在即时迁移测验上的效应量中值为 $d = 0.02$; (3)以无教者形象的书面形式自我生成教学的有 11 项, 发现在总体上有 1 项(9%)可以促进学生的即时迁移成绩, 其余 10 项(91%)未发现促进作用, 计算以无教者形象的书面形式自我生成教学在即时迁移测验上的效应量中值为 $d = 0.08$。探讨延迟迁移测验的有 6 项, 计算自我生成教学在延迟迁移测验上的效应量中值为 $d = 0.69$, (1)以有教者形象的口头形式自我生成教学的有 5 项, 发现在总体上有 4 项(80%)可以促进学生的延迟迁移成绩, 其余 1 项(20%)未发现促进作用, 计算以有教者形象的口头形式自我生成教学在延迟迁移测验上的效应量中值为 $d = 0.76$。(2)以无教者形象的口头形式自我生成教学的有 0 项; (3)以无教者形象的书面形式自我生成教学的有 1 项, 未发现(100%)对学生延迟迁移成绩的促进作用, 效应量为 $d = 0.19$。

综上, 自我生成教学的不同实施方式对学习成绩的影响异质性可能较大, 相比于无教者形象的口头或书面形式, 以有教者形象的口头形式(如: 录制教学视频、面对面、想象)实施自我生成教学可以有效促进学习, 是更理想的实施方式。首先, 这可能是因为录制教学视频相比于书写教学文本创设了更有效的教学情境, 激发了学习者更高的社会临场感。具体而言, 录制教学视频更有利于学习者进行“教师”视角的转换, 促使他们更多地投入到“帮助听众学习”的认知加工过程, 因此他们不断地调整并优化讲解内容, 以确保为听众生成准确、完整和恰当的信息, 这些加工过程实际上有助于他们自身对学习材料的理解(比如生成更多的人称代词和对关键概念的详细阐述, 见 Jacob et al., 2020; Lachner et al., 2022)。而且, 更高的社会临场感还可能激发学习者更高的动机(激励学习者更愿意投入心理努力去启动并维持恰当且充分的认知加工, Fiorella & Mayer, 2016; Hoogerheide et al., 2016)和适度的唤醒(增强学习者的工作记忆和记忆巩固能力, Hoogerheide et al., 2018; Roozendaal, 2002), 进一步对学习产生积极影响。其次, 录制教学视频(或语音, 口头语)相比于书写教学文本(书面语)是更加自动化和低认知损耗的活动, 这可能有利于学习者将更多的认知资源用于对学习材料本身的必要加工和深层加工(Hoogerheide et al., 2016; Lachner et al., 2022)。最后, 语音形式(无摄像头)的自我生成教学相较于视频形式(注视摄像头)可能仅创设了较弱的教学情境, 仍不足以帮助学习者成功转换“教师”视角, 激发了较低的社会临场感, 动机和唤醒水平, 因此对学习的促进效果不明显(如: Jacob et al., 2021, 2022)。

3 学习者自我生成教学能否影响学习体验?

研究者也关注自我生成教学对学习体验(认知负荷或心理努力, 动机, 愉悦感)的影响, 以一定程度上解释自我生成教学对学习成绩的影响。表 1 汇总的 41 项比较中, 探讨认知负荷的有 22 项, 计算自我生成教学在认知负荷上的效应量中值为 $d = 0.45$, (1)以有教者形象的口头形式自我生成教学的有 10 项, 发现在总体上有 4 项(40%)提高了学生的认知负荷, 其余 6 项(60%)未发现对认

知负荷的影响，计算以有教者形象的口头形式自我生成教学在认知负荷上的效应量中值为 d = 0.47; (2)以无教者形象的口头形式自我生成教学的有 3 项，发现在总体上有 2 项(67%)提高了学生的认知负荷，其余 1 项(33%)未发现，计算以无教者形象的口头形式自我生成教学在认知负荷上的效应量中值为 d = 0.61; (3)以无教者形象的书面形式自我生成教学的有 9 项，发现在总体上有 4 项(44%)可以提高学生的认知负荷，其余 5 项(56%)未发现，计算以无教者形象的书面形式自我生成教学在认知负荷上的效应量中值为 d = 0.37。

总的来看，自我生成教学可能增加了学习者的认知负荷。一方面，更高的认知负荷可能说明学习者在教学时投入了更多的心理努力，具体而言，视频或语音形式更有利于学习者“教师”视角的转换，他们“帮助他人学习”的意愿更强烈，进而可能投入更多的心理努力对学习材料进行选择、组织、整合、阐述和监控等认知加工，最终获得更好的学习表现(如：Hoogerheide et al., 2016, 2018, 2019; Jacob et al., 2020; Pi et al., 2020)。因此，我们认为这部分认知负荷的增加是有益的，也称为相关认知负荷。另一方面，书面形式的教学(书面语)相比于口头形式(口头语)是非自动化且更复杂的过程，可能导致学习者产生过多的外在认知加工，对学习产生不利影响(如：Hoogerheide et al., 2016; Jacob et al., 2021)。因此，我们认为这部分认知负荷的增加是有害的，也称为无关认知负荷。然而，以往研究在主观认知负荷的测量上未对认知负荷的类型加以区分(如：Lachner et al., 2017)，因此无法确定增加的认知负荷是有益的相关认知负荷还是有害的无关认知负荷，未来研究可以进一步验证。

少量研究者关注自我生成教学对动机和愉悦感的影响，表 1 汇总的 41 项比较中，探讨动机和愉悦感的分别有 2 项和 5 项，分析发现，相比于重复学习或提取练习，自我生成教学的学习者体验到了更高的动机(效应量中值：d = 0.44)和愉悦感(效应量中值：d = 0.76)，不过相关的实证研究仍然较少，动机和愉悦感是否起到了促进学习的作用还不够清晰(Hoogerheide et al., 2019; Jacob et al., 2021; Pi et al., 2020; Wang et al., 2021)。具体而言，Pi 等人(2020)和 Wang 等人(2021)的研究均发现，相比于重复学习，自我生成教学的学习者有更高的动机和更好的学习表现。Hoogerheide 等人(2019)的研究还发现，相比于生成总结或再学习，自我生成教学的学习者有更高的愉悦感和更好的学习表现，且愉悦感在学习活动与学习成绩之间起中介作用。然而，Jacob 等人(2021)的研究表明，相比于提取练习，自我生成教学的学习者虽有更高的愉悦体验却未得到更好的学习成绩。总体而言，教学时积极的体验可能会促进学习，未来的研究仍需继续关注动机和愉悦感是直接还是间接地通过影响认知加工过程来促进学习，或者两者兼之。而且，动机和愉悦感是由自我生成教学策略本身激发还是仅源于该策略的新颖性也需要进一步探讨。

4　如何在理论上解释学习者自我生成教学的有效性?

从理论上如何解释自我生成教学对学习的影响？目前，主要有三个并不相斥的理论分别侧重于自我生成教学中不同的有益因素来解释自我生成教学促进学习的内在过程，即基于记忆巩固的提取练习假设(retrieval practice)、关注生成性认知加工的生成性学习假设(generative processing)、以及强调社会临场感的社会临场感假设(social presence)。

提取练习假设最早对自我生成教学的有效性进行解释，它认为学习者自我生成教学能够促进学习主要是因为他们在讲解过程中有大量的时间用于主动从记忆中提取之前学习过的材料内容(Koh et al., 2018)。Koh 等人(2018)的研究要求学习者一字不差地阅读教学逐字稿来录制教学视频(无提取练习的自我生成教学)，结果发现，他们的学习成绩与完成填空任务的学习者类似，自我生成教学不再促进学习，这可能说明了提取练习在学习者自我生成教学中的必要作用。关于记忆的研究表明，从长时记忆中提取信息，可以改变提取本身的记忆表征，即改变信息的编码方式，从而加强记忆痕迹，促进对被提取信息的记忆保持，因此学习者自我生成教学可以巩固记忆(Carvalho et al., 2022; 周爱保 等, 2013)。而且，从记忆中提取信息还可能帮助学习者激活原有的和潜在相关的信息，从而产生更容易被激活的更强的记忆线索或者说更多的提取通道，从而增加未来再次成功提取的可能性，进一步起到促进学习的作用(Carvalho et al., 2022; Karpicke & Roediger,

2008; Rowland, 2014; Waldeyer et al., 2020; 刘兆敏 等, 2011)。本文的汇总结果一定程度上支持了该假设, 具体而言, 以重复学习为对照组的 17 项比较中, 其中有 14 项(82%)发现自我生成教学优于重复学习, 另外 3 项(18%)发现自我生成教学与重复学习效果类似, 而以提取练习为对照组的 17 项比较中, 仅有 5 项(29%)发现自我生成教学优于提取练习, 另外 12 项(71%)发现自我生成教学与提取练习对学习的促进作用类似, 这可能在一定程度上表明提取练习与自我生成教学具有相同的作用。然而, 同样值得注意的是, 仍有 5 项研究发现, 自我生成教学比提取练习的学习效果更好(Hoogerheide et al., 2016, Experiment 2; Jacob et al., 2020; Lachner et al., 2020), 这表明自我生成教学中可能还存在其他的因素促进了学习。目前, 主要有两个理论假设试图解释自我生成教学中可能存在的其他有益于学习的因素。

生成性学习假设在提取练习假设的基础上认为, 学习者自我生成教学的过程不仅包含对信息的提取, 还包括对学习内容的推理、整合等生成性认知加工(Fiorella & Mayer, 2015, 2016, 2022; Hoogerheide et al., 2019; Lachner et al., 2022)。Koh 等人(2018)的研究要求学习者一字不差地阅读教学逐字稿来录制教学视频, 不仅去除了提取过程也严重损害了学习者教学时的生成性认知加工, 因此未能促进学习。具体而言, 自我生成教学(如:录制教学视频)可能激励学习者从记忆中选择学习材料里最主要和重要的信息, 将其组织成连贯的能被他人理解的心理表征, 并将其与已有知识经验整合起来, 构建出富有意义且生动易懂的知识结构, 这些生成性加工有助于学习者理解并应用知识(Fiorella & Mayer, 2016, 2022; Mayer, 2021)。此外, 教学时的知识外化需求有助于学习者详细阐述学习材料, 同时监控、评估和反思自己当前的理解和表述是否准确、全面, 这些认知加工可以帮助学习者构建并强化概念与概念之间、学习材料与先前知识之间有意义的联结, 有利于完善并巩固知识结构, 最终提高学习者的学习成绩(Fiorella & Mayer, 2015, 2016; Fukaya, 2013; Lachner et al., 2020, 2022; Lachner & Neuburg, 2018)。本文的汇总结果可为该假设提供一定支持, 首先, 在探讨精细加工语句数量的 3 项比较中(Elaborations, 衡量生成性加工的指标之一, 如: Fiorella & Kuhlmann, 2020), 其中有 2 项发现自我生成教学使学习者生成了更多的精细加工语句, 另 1 项未发现, 计算自我生成教学在精细加工语句上的效应量中值为 d = 0.85, 说明自我生成教学可以有效促进学习者的生成性认知加工。其次, 迁移成绩是衡量学习者生成性加工的关键学习指标, 学习者对知识的推理、组织和整合等生成性加工可以提高迁移成绩(Mayer, 2021)。基于本文的研究结果, 自我生成教学可以提高学习者的迁移成绩($d_{即时}$ = 0.21, $d_{延迟}$ = 0.69), 这也在一定程度上支持了生成性学习假设。最后, 大量研究发现学习者在自我生成教学时生成了更多的精细加工和监控语句, 进而得到了更好的学习成绩(如: Fiorella & Kuhlmann, 2020; Jacob et al., 2020, 2021, 2022; Lachner et al., 2020, 2021; Lim et al., 2021), 这可能也表明了生成性认知加工在自我生成教学中的重要作用。

社会临场感假设是最近提出的较新颖的观点, 它着重强调教学时感知到潜在他人在场(即社会临场感)的作用以扩展生成性学习的观点, 即社会临场感的高低可能会影响生成性加工的程度。该假设认为, 向脑海中想象的听众教学可能使扮演教师角色的学习者参与适应特定听众的过程(Lachner et al., 2022)。换言之, 扮演教师角色的学习者倾向于预期听众对所学内容的知识基础, 并考虑听众能否理解他们的讲解, 使得他们在教学时不断地调整并优化讲解内容, 这些适应性的认知加工实际上有利于学习者自身的知识掌握(Hoogerheide et al., 2019)。此外, 更高的社会临场感(脑海中意识到潜在的他人在场, 或者对他人"真实性"的心理感知, Gunawardena, 1995; Kreijns et al., 2022)可能引发更高水平的动机和唤醒(Hoogerheide et al., 2016)。动机可以激励学习者在教学时投入更多的心理努力来启动并维持对学习材料的选择、提取、组织、整合、阐述和监控等认知加工。唤醒可以增强学习者的工作记忆和记忆巩固能力而对学习产生积极影响(Arnsten, 2009; Roozendaal, 2002)。基于汇总分析结果, 自我生成教学的学习者体验到了更高的社会临场感(d = 2.05)和动机(d = 0.44)并投入了更多的心理努力(d = 0.45), 这在一定程度上验证了社会临场感假设。而且, 以有教者形象的口头形式自我生成教学(面对真人或注视摄像头, 更高的临场感, $d_{即时理解}$ =

0.56、$d_{\text{延迟理解}}=0.63$、$d_{\text{即时迁移}}=0.35$ 和 $d_{\text{延迟迁移}}=0.76$)比仅语音形式(无摄像头, 更低的临场感, $d_{\text{即时理解}}=0.09$、$d_{\text{即时迁移}}=0.02$)和书面形式(无摄像头, 更低的临场感, $d_{\text{即时理解}}=-0.16$、$d_{\text{延迟理解}}=0.39$、$d_{\text{即时迁移}}=0.08$ 和 $d_{\text{延迟迁移}}=0.19$)效果更佳, 也一定程度上支持了该假设。还有研究发现, 自我生成教学优于自我解释(Rittle-Johnson et al., 2008)和生成总结(Hoogerheide et al., 2019)等没有社会情境的生成性学习活动, 这可能也说明了社会情境在自我生成教学策略中的独特作用。

总之, 提取练习假设和生成性学习假设分别侧重于认知加工的不同子成分以解释自我生成教学对学习的积极影响(例如, 提取、生成或监控), 而社会临场感假设则强调了社会临场感可能促进认知加工总体进而对学习产生积极影响, 假设的基本观点和相互关系见图 2。目前, 每种假设都得到了一些证据的支持, 即自我生成教学不仅仅是提取练习的实例, 生成性认知加工和社会临场感可能也在其中起到了积极的作用。然而, 由于大多数研究关注的重点是相对于其他常见的学习策略, 自我生成教学是否更能促进学习, 并没有明确地检验这些不同的假设, 因此, 这些因素分别起到了多大程度的促进作用尚不清楚(Fiorella & Kuhlmann, 2020; Hoogerheide et al., 2018, 2019; Lachner et al., 2022)。未来仍需要更多的研究直接系统地检验提取练习、生成性认知加工和社会临场感在自我生成教学中的作用以及各因素间的相互作用, 最终发展出一个整合的理论模型以更加全面的解释自我生成教学对学习的影响。

最后, 以上三个假设均从自我生成教学可以有效促进学习的角度进行了解释, 基于本文的研究结果, 以有教者形象的口头形式实施自我生成教学效果最佳, 而以无教者形象的口头形式或书面形式实施自我生成教学并未有效促进学习, 因此, 我们认为多媒体学习认知理论(Fiorella & Mayer, 2015, 2016; Mayer, 2021, 2022)也可以一定程度上解释自我生成教学的不同实施方式影响学习的差异, 可以补充现有理论框架。具体而言, 学习时, 学习者有限的加工能力主要用于三种加工需求, 外在加工指不服务于教学目标, 却消耗认知能力的加工; 必要加工指将学习内容表征在工作记忆中的加工; 生成加工指重新组织学习材料并将其与现有相关知识整合以达到深层理解的加工。一方面, 自我生成教学的实施(如: 视频)可能成功创设教学情境, 激发适度的社会临场感, 引导学习者更投入、更深入地思考理解学习材料, 增加了他们的必要加工和生成加工, 进而促进学习。另一方面, 自我生成教学的实施(如: 书面语)可能分散学习者的注意力过多地关注于错别字或者语句本身的规范性与严谨性(如: 句式结构和语法成分更复杂耗时), 增加了他们的外在加工。由于生成性活动本身对加工能力需求较高, 过多的外在加工可能导致有限的加工能力不足以进行充分的必要加工和生成加工, 最终损害学习。以仅

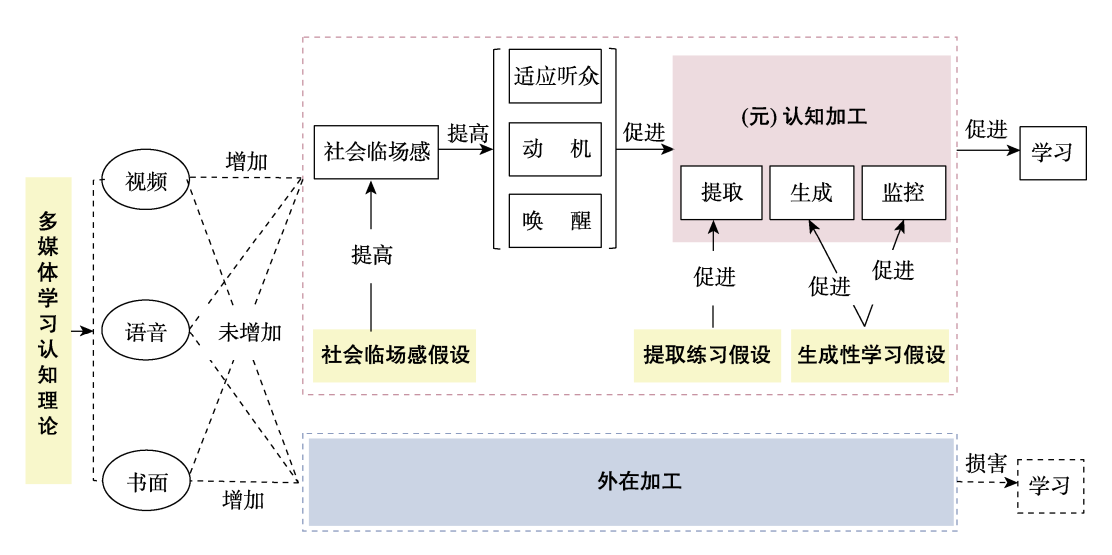


图 2　自我生成教学对学习的影响相关理论解释

语音形式自我生成教学可能介于两者之间，较弱的教学情境未能显著促进必要加工和生成加工，口头语的自动化也未额外增加外在加工，因此对学习的积极影响不明显。

5 总结与展望

从知识建构视角而言，“教学相长”的“教”与“学”角色的转换能够促进知识习得，学习者进行“教学者”的角色转换有助于他们主动建构知识，以自我生成教学的方式进行学习可以简易高效地实现以教促学。具体而言，以有教者形象的口头形式(如：视频)自我生成教学可以有效提高学习者的学习成绩($d_{即时理解}$ = 0.56、$d_{延迟理解}$ = 0.63、$d_{即时迁移}$ = 0.35 和 $d_{延迟迁移}$ = 0.76)。而以无教者形象的口头形式(如：仅语音，$d_{即时理解}$ = 0.09、$d_{即时迁移}$ = 0.02)和书面形式(如：文本，$d_{即时理解}$ = −0.16、$d_{延迟理解}$ = 0.39、$d_{即时迁移}$ = 0.08 和 $d_{延迟迁移}$ = 0.19)自我生成教学对学习成绩的积极影响较微弱。此外，自我生成教学可以提高学习者的动机(d = 0.44)、愉悦感(d = 0.76)和努力投入(d = 0.47)。

然而，上述的结论只是总体上的结果，通过对文献的细致分析，以往研究存在一定的异质性，结合现有的理论假设可能存在一些调节变量会影响自我生成教学对学习的促进作用，而且，现有的理论假设中究竟哪个最能解释自我生成教学对学习的影响尚不清楚，因此未来研究需要进一步探讨自我生成教学影响学习的内在机制、边界条件以及如何最大限度地提高其有效性，主要可以从以下几个方面展开：

第一，自我生成教学影响学习的理论解释尚未得到直接系统地验证，由于先前的大多数研究都没有检验和比较不同的理论解释，提取练习、生成性加工和社会临场感中哪个因素在自我生成教学中起到了最主要的积极作用仍不清晰。未来的实证研究可以采用多因素的实验设计，在实验中同时操纵多个因素，例如，通过改变学习材料的可得性来操纵提取练习的程度，同时改变听众的真实性来操纵社会临场感的水平，以明确直接地揭示哪个因素对学习的影响更大。此外，基于汇总结果和多媒体学习认知理论，自我生成教学的实施是否可能带来过多的外在加工而不利于学习也需要进一步探讨与检验。未来研究中还可以包括多个过程指标的测量，如，生理唤醒(Hoogerheide et al., 2018; Pi et al., 2020)、动机水平(Wang et al., 2021; Hoogerheide et al., 2019)、认知负荷(区分不同类型，Hoogerheide et al., 2016, 2018; Jacob et al., 2020, 2021)和生成性加工(如，计算概念单元、精细加工和监控语句的数量，Fiorella & Kuhlmann, 2020; Jacob et al., 2020; Lachner et al., 2020; Lim et al., 2021)，综合分析多个指标便于明晰具体是哪些因素起到了促进作用以及这些因素的关联性和相互作用，最终发展出一个整合的理论模型以更加全面的解释自我生成教学对学习的影响，进而弥补现有理论解释较为片面分散的不足。

第二，基于本文的研究结果，自我生成教学的实施方式可能是影响学习的重要变量。纵观目前的研究，自我生成教学的实施方式有极大的不同，例如，录制教学视频(Hoogerheide et al., 2019)、面对面地教学(Pi et al., 2020)、录制教学语音(Jacob et al., 2022)、写教学逐字稿(Lim et al., 2021)、写教学解释(Lachner et al., 2021)以及想象教学(Wang et al., 2021)等，这些实施方式之间的差异尚未得到研究者的广泛关注。例如，在比较口头教学和书面教学有效性的研究中，有的研究者使用了录制教学视频和写教学解释(Hoogerheide et al., 2016)，而有的研究者则使用了录制教学语音和写教学解释(Jacob et al., 2020)，还有研究者使用了录制教学视频和写教学逐字稿(Lim et al., 2021)，不同的实施方式可能使学习者的社会临场感和认知加工水平存在差异，进而导致混淆的研究结果(Hoogerheide et al., 2016; Jacob et al., 2020, 2021; Lim et al., 2021)。未来研究需要探讨自我生成教学的最优实施方式，进一步测查不同的口头(或书面)教学方式所带来的社会临场感和认知加工水平差异，如何最终影响学习者的学习体验、讲解质量和学习成绩，例如，录制教学视频和录制教学语音的对比，录像教学、在线教学和现场教学的对比，教学逐字稿和教学解释的对比等。

第三，基于提取练习假设，学习者在教学时是否借助或参考学习材料和学习笔记可能影响自我生成教学不同实施方式的提取过程进而影响该策略对学习的促进作用。一方面，学习材料或学习笔记可以起到提示作用，帮助学习者更全面地讲解所学内容，学习笔记还可以帮助学习者更快注意到重要的知识点，从而有利于对关键概念的提取、阐述和掌握(Hiller et al., 2020)。另一方面，

学习材料或学习笔记的可得性或许也会在一定程度上抑制学习者从记忆中提取或主动生成信息，因此不利于知识的巩固与习得。例如，Okita 和 Schwartz (2013)的研究以发烧知识为学习材料，学习者在自我生成教学时可以获得并查阅学习材料，结果发现自我生成教学未能促进学习。尤其是在以书面形式自我生成教学时，如果允许学习者借助或参考学习材料，可能使他们倾向于将更多的精力用于被动抄写学习材料而不是主动生成讲解内容，这可能会大大弱化自我生成教学的有效性。未来研究可以进一步探讨教学时学习材料的可得性(完全可得，选择可得或完全不可得)和呈现形式(完整或精简)如何影响自我生成教学不同实施形式的有效性。

第四，基于生成性学习假设，自我生成教学与其他的学习策略结合使用时是否会启动更多的生成性加工，进而有利于学习，比如绘图(Learning-by-Drawing)或动手操作(Learning-by-Enacting)，不同的教学实施方式结合效果是否存在差异。具体而言，与仅进行口头讲解相比，绘图和动手操作可以帮助学习者创建外部可视化的表征(Schmidgall et al., 2019)，这允许学习者将他们的思维外化到物理世界(如，使用笔，纸或者模具等)，从而不再仅仅依赖有限的工作记忆资源。而且，将文字材料转换并组织成新的空间表征有助于学习者推理和整合学习材料，然后学习者再以空间表征辅助进行言语阐述又反过来进一步促进了言语表征有意义的建构和完善。因此，可以预期绘图和动手操作的外化和可视化功能可能会有利于学习者口头教学时的知识建构，进而提高以有教者形象的口头形式自我生成教学的有效性(Fiorella & Kuhlmann, 2020)。然而，以书面形式教学本身就要求学习者进行一定外部可视化的表征，这一定程度上占用了学习者的视觉通道，它再与绘图或动手操作结合使用可能会出现相互竞争有限认知资源的情况，进而损害自我生成教学的有效性。目前结合多种生成性学习策略的实证研究仍然较为匮乏，未来的研究可以探讨自我生成教学辅助其他生成性学习策略是进一步促进学习还是可能阻碍学习，教学的不同实施形式、生成性学习策略的类型和使用顺序是否在其中起到了一定的作用。

第五，基于社会临场感假设，营造更高的社会临场感是否能进一步提高自我生成教学对学习的促进作用，不同的实施方式之间是否存在差异。具体而言，更高的社会临场感可能激发学习者更高的动机，使他们在教学时投入更多的心理努力来启动和维持各种有益的认知和元认知加工，进而有利于学习。而且更高的社会临场感也有利于激发更高水平的唤醒，通过提高他们的工作记忆和记忆巩固能力来促进学习。例如，从有教者形象的口头形式来看，未来研究可以比较录像教虚拟听众，在线教虚拟听众，在线教仿真听众，在线教真实听众和现场教真实听众等等自我生成教学的学习效果，通过操纵听众的真实性来改变教学时的社会临场感，以探讨口头教学时最优的社会临场感水平。然而，结合本文的分析，从书面形式来看，书面的教学本身就需要占用学习者大量的认知负荷(相较于口语，书面语未自动化)，再提高社会临场感可能会进一步增加学习者的认知负荷，因此可能导致学习者认知负荷过载，进而损害学习(Lachner et al., 2021)。例如，Jacob 等人(2021)的研究发现，相比于在文本框中进行书面教学来教授虚拟的听众，在聊天框中进行书面教学来教授真实的听众(更高的社会临场感)并未提高学生的学习成绩。最后，考虑到耶克斯-多德森定律，口头教学的有效性也不一定会随社会临场感的提高而一直提高(动机强度和学习效果间往往呈倒 U 型曲线关系)，探讨口头形式和书面形式最优的社会临场感水平也是未来研究需要重点解决的问题。

第六，自我生成教学中增加互动是否可以帮助学习者在教学时进行更完整透彻的提取练习和生成性认知加工，进而提高他们的讲解质量和学习成绩(Lachner & Neuburg, 2018; Roscoe, 2014; Roscoe & Chi, 2008)。在教学时与学习者互动，比如，提供给学习者针对学习内容的问题或关于他们解释质量的反馈，也许能够帮助他们发现自己知识建构的不足，从而调整并优化对学习材料的提取、组织和整合，完善心理表征，进而提高学习成绩(Roscoe, 2014; Roscoe & Chi, 2008)。例如，Lachner 和 Neuburg (2018)让学习者以书面形式自我生成教学并要求他们修正解释的质量，然后，为其中一组学生提供概念图形式的关于他们解释质量的反馈，而控制组没有得到任何形式的反馈。结果发现，得到反馈的学生产生了更连贯、

衔接性更强的解释文本，进而获得了更好的迁移成绩。未来研究可以深入探讨什么样的互动以及怎样推动深度互动以提高学习者自我生成教学的有效性。同时，不同的教学形式与互动之间是否存在交互作用，例如，有教者形象的口头教学(比如，面对面交流或者视频聊天)是否比无教者形象的书面教学(比如，发送消息)更易产生及时、准确、深度的互动，仍需要未来研究进一步探讨。

参考文献

匡子翌，成美霞，李文静，王福兴，胡祥恩. (2022). 视频教学中教师的眼神注视能否促进学习？. *心理科学进展*, *30*(10), 2291−2302.

刘兆敏，罗良，张玮. (2011). 记忆提取促进学习:实验证据与机制解释. *心理发展与教育*, *27*(4), 441−447.

约翰·杜威. (2012). *民主与教育*. (薛绚，译.). 南京：译林出版社.

周爱保，马小凤，李晶，崔丹. (2013). 提取练习在记忆保持与迁移中的优势效应:基于认知负荷理论的解释. *心理学报*, *45*(8), 849−859.

Arnsten, A. F. T. (2009). Stress signalling pathways that impair prefrontal cortex structure and function. *Nature Reviews Neuroscience*, *10*(6), 410−422.

Carvalho, P. F., McLaughlin, E. A., & Koedinger, K. R. (2022). Varied practice testing is associated with better learning outcomes in self-regulated online learning. *Journal of Educational Psychology*, *114*(8), 1723−1742.

Fiorella, L., & Kuhlmann, S. (2020). Creating drawings enhances learning by teaching. *Journal of Educational Psychology, 112*(4), 811−822.

Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2013). The relative benefits of learning by teaching and teaching expectancy. *Contemporary Educational Psychology, 38*(4), 281−288.

Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2014). Role of expectations and explanations in learning by teaching. *Contemporary Educational Psychology, 39*(2), 75−85.

Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2015). *Learning as a generative activity: Eight learning strategies that promote understanding*. New York: Cambridge University Press.

Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2016). Eight ways to promote generative learning. *Educational Psychology Review, 28*(4), 717−741.

Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2022). The generative activity principle in multimedia learning. In R. E. Mayer & L. Fiorella, (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (3rd ed., pp. 339−350). New York: Cambridge University Press.

Fiorella, L., Stull, A. T., Kuhlmann, S., & Mayer, R. E. (2020). Fostering generative learning from video lessons: Benefits of instructor-generated drawings and learner-generated explanations. *Journal of Educational Psychology, 112*(5), 895−906.

Fukaya, T. (2013). Explanation generation, not explanation expectancy, improves metacomprehension accuracy. *Metacognition and Learning*, *8*(1), 1−18.

Gunawardena, C. N. (1995). Social presence theory and implications for interaction and collaborative learning in computer conferences. *International Journal of Educational Telecommunications*, *1*(2), 147−166.

Hiller, S., Rumann, S., Berthold, K., & Roelle, J. (2020). Example-based learning: Should learners receive closed-book or open-book self-explanation prompts? *Instructional Science, 48*(6), 623−649.

Hoogerheide, V., Deijkers, L., Loyens, S. M., Heijltjes, A., & van Gog, T. (2016). Gaining from explaining: Learning improves from explaining to fictitious others on video, not from writing to them. *Contemporary Educational Psychology, 44*, 95−106.

Hoogerheide, V., Loyens, S. M., & van Gog, T. (2014). Effects of creating video-based modeling examples on learning and transfer. *Learning and Instruction, 33*, 108−119.

Hoogerheide, V., Renkl, A., Fiorella, L., Paas, F., & van Gog, T. (2018). Enhancing example-based learning: Teaching on video increases arousal and improves problem-solving performance. *Journal of Educational Psychology, 111*(1), 45−56.

Hoogerheide, V., Visee, J., Lachner, A., & van Gog, T. (2019). Generating an instructional video as homework activity is both effective and enjoyable. *Learning and Instruction, 64*, 101226.

Jacob, L., Lachner, A., & Scheiter, K. (2020). Learning by explaining orally or in written form? Text complexity matters. *Learning and Instruction, 68*, 101344.

Jacob, L., Lachner, A., & Scheiter, K. (2021). Does increasing social presence enhance the effectiveness of writing explanations? *PLOS ONE, 16*(4), e0250406.

Jacob, L., Lachner, A., & Scheiter, K. (2022). Do school students’ academic self-concept and prior knowledge constrain the effectiveness of generating technology-mediated explanations? *Computers & Education*, *182*, 104469.

Karpicke, J. D., & Roediger, H. L. (2008). The critical importance of retrieval for learning. *Science*, *319*(5865), 966−968.

Kobayashi, K. (2022). Learning by teaching face-to-face: the contributions of preparing-to-teach, initial-explanation, and interaction phases. *European Journal of Psychology of*

Education, *37*, 551–566.

Koh, A. W. L., Lee, S. C., & Lim, S. W. H. (2018). The learning benefits of teaching: A retrieval practice hypothesis. *Applied Cognitive Psychology*, *32*(3), 401– 410.

Kreijns, K., Xu, K., & Weidlich, J. (2022). Social presence: Conceptualization and measurement. *Educational Psychology Review*, *34*(1), 139−170.

Lachner, A., Backfisch, I., Hoogerheide, V., van Gog, T., & Renkl, A. (2020). Timing matters! Explaining between study phases enhances students' learning. *Journal of Educational Psychology, 112*(4), 841−853.

Lachner, A., Hoogerheide, V., van Gog, T., & Renkl, A. (2022). Learning-by-teaching without audience presence or interaction: When and why does it work? *Educational Psychology Review*. *34*(2), 575−607.

Lachner, A., Jacob, L., & Hoogerheide, V. (2021). Learning by writing explanations: Is explaining to a fictitious student more effective than self-explaining? *Learning and Instruction, 74*(4), 101438.

Lachner, A., Ly, K.-T., & Nückles, M. (2017). Providing written or oral explanations? Differential effects of the modality of explaining on students' conceptual learning and transfer. *The Journal of Experimental Education*, *86*(3), 344−361.

Lachner, A., & Neuburg, C. (2018). Learning by writing explanations: Computer-based feedback about the explanatory cohesion enhances students' transfer. *Instructional Science*, *47*(1), 19−37.

Lim, K. Y. L., Wong, S. S. H., & Lim, S. W. H. (2021). The "Silent Teacher": Learning by teaching via writing a verbatim teaching script. *Applied Cognitive Psychology*, *35*(6), 1492−1501.

Mayer, R. E. (2021). *Multimedia learning* (3rd ed.). New York: Cambridge University Press.

Mayer, R. E. (2022). Cognitive theory of multimedia learning. In R. E. Mayer & L. Fiorella, (Ed.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (3rd ed., pp. 57−72). New York: Cambridge University Press.

Okita, S. Y., & Schwartz, D. L. (2013). Learning by teaching human pupils and teachable agents: The importance of recursive feedback. *Journal of the Learning Sciences*, *22*(3), 375−412.

Orús, C., Barlés, M. J., Belanche, D., Casaló, L., Fraj, E., & Gurrea, R. (2016). The effects of learner-generated videos for YouTube on learning outcomes and satisfaction. *Computers & Education, 95*, 254−269.

Pi, Z., Zhang, Y., Zhou, W., Xu, K., Chen, Y., Yang, J. & Zhao, Q. (2020). Learning by explaining to oneself and a peer enhances learners' theta and alpha oscillations while watching video lectures. *British Journal of Educational Technology, 52*(4), 659−679.

Reich, J., & Ruipérez-Valiente, J. A. (2019). The MOOC Pivot. *Science*, *363*(6423), 130−131.

Rittle-Johnson, B., Saylor, M., & Swygert, K. E. (2008). Learning from explaining: Does it matter if mom is listening? *Journal of Experimental Child Psychology*, *100*(3), 215−224.

Roozendaal, B. (2002). Stress and memory: Opposing effects of glucocorticoids on memory consolidation and memory retrieval. *Neurobiology of Learning and Memory*, *78*(3), 578−595.

Roscoe, R. D. (2014). Self-monitoring and knowledge-building in learning by teaching. *Instructional Science*, *42*(3), 327−351.

Roscoe, R. D., & Chi, M. T. (2008). Tutor learning: The role of explaining and responding to questions. *Instructional Science*, *36*(4), 321−350.

Rowland, C. A. (2014). The effect of testing versus restudy on retention: A meta-analytic review of the testing effect. *Psychological Bulletin, 140*(6), 1432−1463.

Schmidgall, S. P., Eitel, A., & Scheiter, K. (2019). Why do learners who draw perform well? Investigating the role of visualization, generation and externalization in learner-generated drawing. *Learning and Instruction, 60*, 138−153.

Slavin, R. E. (1983). *Cooperative learning*. New York: Longman.

van Brussel, S., Timmermans, M., Verkoeijen, P., & Paas, F. (2021). Teaching on video as an instructional strategy to reduce confirmation bias—a pre-registered study. *Instructional Science*, *49*(4), 475−496.

Waldeyer, J., Heitmann, S., Moning, J., & Roelle, J. (2020). Can generative learning tasks be optimized by incorporation of retrieval practice? *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*. *9*(3), 355−369.

Wang, Y., Lin, L., & Chen, O. (2021). The benefits of teaching on comprehension, motivation, and perceived difficulty: Empirical evidence of teaching expectancy and the interactivity of teaching. *British Journal of Educational Psychology*, *91*(4), 1275−1290.

Webb, N. M. (1982). Peer interaction and learning in cooperative small groups. *Journal of Education and Psychology*, *74*(5), 642−655.

Can learning by non-interactive teaching promote learning?

CHENG Meixia, KUANG Ziyi, LENG Xiaoxue, ZHANG Yang, WANG Fuxing

(*Key Laboratory of Adolescent Cyberpsychology and Behavior, Ministry of Education, and School of Psychology, Central China Normal University, Wuhan* 430079, *China*)

Abstract: Learning by non-interactive teaching refers to learners play the role of teachers and teach what they have learned to others. The retrieval practice hypothesis, the generative learning hypothesis, and the social presence hypothesis explained the positive effects of learning by non-interactive teaching from the perspectives of memory consolidation, generative cognitive processing, and social presence, respectively. Summarizing the relevant studies, it was found that different implementations of learning by non-interactive teaching promoted learning differently, with learning by non-interactive teaching in oral form with a tutor figure (e.g. video) was more effective in improving learners' immediate comprehension, immediate transfer, delayed comprehension, and delayed transfer performance compared to simple learning activities such as restudy and retrieval practice, which was probably a better implementation. Learning by non-interactive teaching in oral form (e.g. audio only) or written form (e.g. text) without a tutor figure had a smaller positive effect on learning outcomes. The cognitive theory of multimedia learning may provide a supplementary explanation for differences in the effectiveness of different implementations of learning by non-interactive teaching. Learners who learned by non-interactive teaching also experienced higher motivation and enjoyment and were willing to invest more mental effort. Future research is needed to test and integrate theories, identify boundary conditions, and enhance the effectiveness of learning by non-interactive teaching.

Keywords: learning by non-interactive teaching, generative learning, social presence, retrieval practice, metacognitive processing